

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5034772号
(P5034772)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.

F I

H03B 5/32 (2006.01)

H03B 5/32

A

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-212635 (P2007-212635)
 (22) 出願日 平成19年8月17日(2007.8.17)
 (65) 公開番号 特開2008-211757 (P2008-211757A)
 (43) 公開日 平成20年9月11日(2008.9.11)
 審査請求日 平成22年8月4日(2010.8.4)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-17425 (P2007-17425)
 (32) 優先日 平成19年1月29日(2007.1.29)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 石川 匡亨
 東京都日野市日野421-8 エプソント
 ヨコム株式会社内

審査官 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度補償圧電発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電振動子と、第1のMOS容量素子と第2のMOS容量素子と第3のMOS容量素子を有する周波数温度補償回路と、を備えた温度補償圧電発振器であって、

前記第1のMOS容量素子の一方の端子及び前記第2のMOS容量素子の一方の端子に基準電圧を供給した構成と、

前記第1のMOS容量素子の他方の端子に、温度変化に対して電圧が変化する特性を有する第1の制御電圧を供給した構成と、

前記第2のMOS容量素子の他方の端子に、温度変化に対して電圧が変化する特性を有する第2の制御電圧を供給した構成と、

前記第3のMOS容量素子の一方の端子に前記第1の制御電圧を供給し、前記第3のMOS容量素子の他方の端子に前記第2の制御電圧を供給した構成と、を備えたことを特徴とする温度補償圧電発振器。

【請求項2】

前記周波数温度補償回路が、前記第1のMOS容量素子に前記第3のMOS容量素子を直列接続した構成と、該直列接続した構成に前記第2のMOS容量素子を並列接続した構成と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の温度補償圧電発振器。

【請求項3】

前記周波数温度補償回路が、前記第1のMOS容量素子に第1の容量素子を直列接続した構成と、該直列接続した構成に前記第2のMOS容量素子を並列接続した構成と、該並

列接続した構成に前記第 3 の MOS 容量素子を直列接続した構成と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の温度補償圧電発振器。

【請求項 4】

前記周波数温度補償回路が、前記第 1 の MOS 容量素子に第 1 の容量素子を直列接続した第 1 の構成と、前記第 3 の MOS 容量素子に第 2 の容量素子を直列接続した第 2 の構成と、前記第 1 の構成と前記第 2 の構成と前記第 2 の MOS 容量素子を並列接続した構成と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の温度補償圧電発振器。

【請求項 5】

前記第 2 の構成が、前記第 3 の MOS 容量素子と前記第 2 の容量素子と第 3 の容量素子を直列接続した構成であることを特徴とする請求項 4 記載の温度補償圧電発振器。

10

【請求項 6】

前記第 3 の MOS 容量素子の一方の端子に第 1 の増幅器を介して前記第 1 の制御電圧を供給した構成と、前記第 3 の MOS 容量素子の他方の端子に第 2 の増幅器を介して前記第 2 の制御電圧を供給した構成と、を備えたことを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4、または請求項 5 の何れかに記載の温度補償圧電発振器。

【請求項 7】

前記第 3 の MOS 容量素子の一方の端子に、第 1 の基準電圧または前記第 1 の制御電圧のいずれか一方を選択して供給した構成と、

前記第 3 の MOS 容量素子の他方の端子に、第 2 の基準電圧または前記第 2 の制御電圧のいずれか一方を選択して供給した構成と、を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の温度補償圧電発振器。

20

【請求項 8】

前記圧電振動子が水晶振動子であり、該水晶振動子の周波数温度特性が常温近傍で平坦な特性、変曲点を挟んで極大値及び極小値を有する特性、あるいは温度増加に対して右肩上がりの特性の何れにも対応することを特徴とする請求項 7 に記載の温度補償圧電発振器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電発振器に関し、特に簡易な温度補償回路を用いて圧電振動子の温度補償を行い、且つ IC 化に適した温度補償圧電発振器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

圧電発振器は周波数安定度、小型軽量、低価格等の優れた点を有するため、通信機器や電子機器等の多くの分野で用いられ、中でも圧電振動子の周波数温度特性を補償した温度補償圧電発振器 (TCXO) は、携帯電話等に広く用いられている。圧電発振器の回路構成は、周知のようにピアース型発振回路、コルピッツ型発振回路が多く用いられているが、基本的回路構成は同じであり、交流接地点がピアース型発振回路の場合はエミッタ接地、コルピッツ型発振回路の場合はコレクタ接地の違いである。

【0003】

40

特許文献 1 には本願出願人による温度補償発振器が開示されている。図 21 はその温度補償発振器の回路構成の一例であり、コルピッツ発振回路 OSC1 と、直流阻止用容量 C3 と、温度補償回路 Comp と、水晶振動子 Xtal と、を直列に接続した回路で、典型的なコルピッツ型発振回路を用いて構成した温度補償水晶発振器である。図 21 に示すように、コルピッツ発振回路 OSC1 は、トランジスタ Tr1 のコレクタを電源 VCC に接続し、ベースにはブリーダー抵抗 R1、R2 を介してバイアス電圧を供給し、ベースとエミッタ間に容量 C1 を接続する。さらに、トランジスタ Tr1 のエミッタと接地間にエミッタ抵抗 Re と、容量 C2 とを並列接続し、発振出力はエミッタから容量 Co を介して取り出す。なお、トランジスタ Tr1 のコレクタはバイパスコンデンサ Cc を介して高周波的に接地されている。

50

【 0 0 0 4 】

図 2 1 に示す温度補償発振器は、トランジスタ T R 1 のベースに直流阻止用容量 C 3 を介して温度補償回路 C o m p を接続し、該温度補償回路 C o m p に水晶振動子 X t a l が接続されている。温度補償回路 C o m p は、低温部補償用の M O S 容量素子 M L と容量 C 4 との直列接続回路と、高温部補償用の M O S 容量素子 M H と、を並列接続した回路からなり、低温用 M O S 容量素子 M L と、高温用 M O S 容量素子 M H とは極性が互いに逆向で並列接続されている。

低温用 M O S 容量素子 M L のバックゲートと容量 C 4 との接続点に、低温部制御電圧 V L が抵抗 R 4 を介して供給され、高温用 M O S 容量素子 M H のゲートには抵抗 R 5 を介して高温部制御電圧 V H が供給される。そして、低温用 M O S 容量素子 M L のゲートと、高温用 M O S 容量素子 M H のバックゲートとの接続点に、抵抗 R 6 を介して基準電圧 V r e f が供給される。周知のように、M O S 容量素子はバックゲート B G と、ゲート G との間に印加する電圧により、容量が変化する素子である。例えば、バックゲート B G を基準としてゲート G 電圧を低い値から高い値へと変化させると、その容量がほぼ直線的に大きくなり、十分に低い、あるいは高い電圧では、容量値は飽和し、共に一定値に近づく容量素子である。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 4 3 7 3 3 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、特許文献 1 に開示されている温度補償回路では、2 個の M O S 容量素子を用いて、低温域、高温域をそれぞれ温度補償するように構成されているため、図 2 2 (a) に示すような周波数温度特性、即ち常温近傍で周波数温度特性がほぼ平坦になる A T カット水晶振動子は補償できるが、低温、高温の両端部における温度補償が不十分であるという問題があった。さらに、所定の角度の A T カット水晶素板を得るため人工水晶を切断すると、得られた水晶素板の角度分布は所定の角度を中心として正規分布となる。そのため、図 2 2 (a) の周波数温度特性を呈する切断角度のみを使用すると、それ以外の切断角度、例えば周波数温度特性が図 2 2 (b) に示すように、極大値、極小値を有する三次曲線、あるいは同図 (c) に示すような温度に対して右肩上がりを呈する一般的な切断角度の水晶素板が無駄になるという問題もあった。

本発明は上記問題を解決するためになされたもので、広温度範囲で補償精度の改善と、I C 化に適した温度補償圧電発振器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するため、本発明は、圧電振動子と、第 1 の M O S 容量素子と第 2 の M O S 容量素子と第 3 の M O S 容量素子を有する周波数温度補償回路と、を備えた温度補償圧電発振器であって、前記第 1 の M O S 容量素子の一方の端子及び前記第 2 の M O S 容量素子の一方の端子に基準電圧を供給した構成と、前記第 1 の M O S 容量素子の他方の端子に、温度変化に対して電圧が変化する特性を有する第 1 の制御電圧を供給した構成と、前記第 2 の M O S 容量素子の他方の端子に、温度変化に対して電圧が変化する特性を有する第 2 の制御電圧を供給した構成と、前記第 3 の M O S 容量素子の一方の端子に前記第 1 の制御電圧を供給し、前記第 3 の M O S 容量素子の他方の端子に前記第 2 の制御電圧を供給した構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、周波数温度特性が極大値、極小値を有する三次曲線の圧電振動子を補償することが可能となり、且つ低温域、常温域、高温域を、温度に対して直線的に変化する 2 つの電圧を利用してそれぞれ別々に温度補償するので、広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 0 7 】

また本発明は、前記周波数温度補償回路が、前記第 1 の M O S 容量素子に前記第 3 の M O S 容量素子を直列接続した構成と、該直列接続した構成に前記第 2 の M O S 容量素子を

10

20

30

40

50

並列接続した構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に温度補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 0 8 】

また本発明は、前記周波数温度補償回路が、前記第 1 の M O S 容量素子に第 1 の容量素子を直列接続した構成と、該直列接続した構成に前記第 2 の M O S 容量素子を並列接続した構成と、該並列接続した構成に前記第 3 の M O S 容量素子を直列接続した構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に温度補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 0 9 】

また本発明は、前記周波数温度補償回路が、前記第 1 の M O S 容量素子に第 1 の容量素子を直列接続した第 1 の構成と、前記第 3 の M O S 容量素子に第 2 の容量素子を直列接続した第 2 の構成と、前記第 1 の構成と前記第 2 の構成と前記第 2 の M O S 容量素子を並列接続した構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に温度補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 1 0 】

また本発明は、前記第 2 の構成が、前記第 3 の M O S 容量素子と前記第 2 の容量素子と第 3 の容量素子を直列接続した構成であることを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に温度補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 1 1 】

また本発明は、前記第 3 の M O S 容量素子の一方の端子に第 1 の増幅器を介して前記第 1 の制御電圧を供給した構成と、前記第 3 の M O S 容量素子の他方の端子に第 2 の増幅器を介して前記第 2 の制御電圧を供給した構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、第 3 の M O S 容量素子のゲート及びバックゲートに印加する電圧を、第 1 の増幅器及び第 2 の増幅器により適宜設定できるので、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を、特に常温域において適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に温度補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。

【 0 0 1 2 】

また本発明は、前記第 3 の M O S 容量素子の一方の端子に、第 1 の基準電圧または前記第 1 の制御電圧のいずれか一方を選択して供給する構成と、前記第 3 の M O S 容量素子の他方の端子に、第 2 の基準電圧または前記第 2 の制御電圧のいずれか一方を選択して供給する構成と、を備えたことを特徴とする。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、第 3 の M O S 容量素子のゲート及びバックゲートに印加する電圧を選択してそれぞれ、第 1 の制御電圧及び第 2 の制御電圧とすることができるので、周波数温度特性が三次曲線を呈する圧電振動子を適切に補償することができ、且つ低温域、常温域、高温域をそれぞれ別々に補償するので広温度範囲に亘り、精度よく補償することができるという効果がある。また、第 3 の M O S 容量素子のゲート及びバックゲートに印加する電圧を選択して、それぞれ第 1 の基準電圧及び第 2 の基準電圧に設定することができるので、第 3 の M O S 容量素子は固定容量となり、常温近傍が平坦な圧電振動子を補償することができるという効果がある。

【 0 0 1 4 】

また本発明は、前記圧電振動子が水晶振動子であり、該水晶振動子の周波数温度特性が

10

20

30

40

50

常温近傍で平坦な特性、変曲点を挟んで極大値及び極小値を有する特性、あるいは温度増加に対して右肩上がり特性の何れにも対応するよう構成されている。

このように温度補償圧電発振器を構成すると、ATカット基板を所定の精度で切断して構成される水晶振動子を効率よく利用できるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は本発明に係る第1の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図である。温度補償圧電発振器は、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第1の周波数温度補償回路Comp1と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償圧電発振器である。発振回路OSCは、トランジスタTr1のコレクタを、抵抗R1を介して電源VCCに接続し、ベースとコレクタ間には抵抗R2を接続し自己バイアス回路とする。トランジスタTr1のベースとエミッタ間に容量C1を接続し、エミッタと接地間にエミッタ抵抗R3と、容量C2とを並列接続したコルピッツ型発振回路である。該コルピッツ型発振回路OSCも、図21のコルピッツ型発振回路OSC1（電流帰還バイアス）と同様に周知の回路であるので、その動作の説明を省略する。また、圧電振動子Xtalとしては、例えば周波数温度特性が図22（b）に示すように、極大値、極小値を有し、三次曲線を呈する一般的なATカット水晶振動子を用い、容量C3には通常の容量を用いる。

【0016】

第1の周波数温度補償回路Comp1は、第1MOS容量素子M1と第3MOS容量素子M3とを直列接続した回路に、第1MOS容量素子M1と極性を逆にした第2MOS容量素子M2とを並列接続した回路である。そして、第1MOS容量素子M1のゲートと第2MOS容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧Vrefを供給する。第1MOS容量素子M1のバックゲートと第3MOS容量素子M3のゲートとの接続点に、抵抗R5を介して第1制御電圧VLを供給すると共に、第3MOS容量素子M3のバックゲートと第2MOS容量素子M2のゲートとの接続点に、抵抗R6を介して第2制御電圧VHを供給する。ここで、基準電圧Vref、第1制御電圧VL及び第2制御電圧VHは、図示しない周知の回路から供給するものとする。

【0017】

図2は、MOS容量素子のバックゲートの電圧を基準とし、バックゲート - ゲート間の電圧差Vdと容量Cの関係を示す電圧差Vd - 容量C特性の一例である。図3は温度補償に用いる基準電圧Vref、第1制御電圧VL及び第2制御電圧VHと、温度Tとの関係を示した一例である。基準電圧Vrefは温度に関わらず常に一定であり、第1制御電圧VLと温度Tとの関係は図3の実線で示すように、低温と常温の間では直線的に減少し、常温と高温の間では最小値のまま一定値となるように回路構成（図示しない）を行う。また、第2制御電圧VHと温度Tとの関係は、図3の破線で示すように低温と常温の間では最小値のまま一定であり、常温と高温の間では直線的に増加するように回路構成（図示しない）を行う。

温度Tが低温から高温に変化するときに、図1に示す第1MOS容量素子M1の容量Cがどのように変化するかについて説明する。第1MOS容量素子M1のバックゲートには第1制御電圧VLが、ゲートには基準電圧Vrefが印加されている。第1制御電圧VLが図3に示すように変化する場合、バックゲート - ゲート間の電圧差Vdは、温度が低温から常温に変化するとき電圧差Vdは0V近傍から直線的に大きくなり、常温近傍で最大となって、常温より高温までは最大値を維持する。この電圧差Vdの変動を図2の電圧差Vd - 容量C特性に当てはめると、容量Cの変化は図2の で示した領域の変動に相当する。つまり、図1に示す第1MOS容量素子M1の容量Cと温度Tとの関係は、図4（a）に示した曲線のようになる。

【0018】

次に、図1に示す第2MOS容量素子M2の容量Cと、温度Tとの関係について説明する。第2MOS容量素子M2のバックゲート - ゲート間の電圧差Vdは負（ゲート電圧よ

10

20

30

40

50

りバックゲート電圧が高い)の値であり、温度が低温から常温まで変化するとき電圧差 V_d は負の一定値となる。温度が常温から高温に変化すると電圧差 V_d の絶対値は直線的に小さくなる。この電圧差 V_d の変動を図2の曲線に当てはめると、で示した領域の変化に相当する。つまり、図1に示す第2 MOS 容量素子 M_2 の容量 C と温度 T との関係は、図4(b)に示した曲線のようにになる。

次に、図1に示す第3 MOS 容量素子 M_3 の容量 C と温度 T との関係について説明する。第3 MOS 容量素子 M_3 のバックゲートには第2制御電圧 V_H が、ゲートには第1制御電圧 V_L が印加されている。第1及び第2制御電圧 V_L 、 V_H が温度 T の変化に対し図3に示したように変化する場合、第3 MOS 容量素子 M_3 のバックゲート-ゲート間の電圧差 V_d は、温度 T が低温から常温まで変化すると正の値で直線的に減少し、温度 T が常温から高温まで変化すると負の値、でその絶対値は直線的に増加する。この電圧差 V_d の変動を図2に当てはめると、図2の曲線の中央部(直線部分)に相当する。つまり、第3 MOS 容量素子 M_3 の容量 C と温度 T との関係は、図4(c)に示した曲線のようにになる。

【0019】

図5は温度 T と周波数偏差 df/f との関係を示す図である。温度 T の変化に対して周波数が変化しない理想的な圧電振動子 X_i を仮定し、この圧電振動子 X_i の負荷容量として、図4(a)~(c)に示すような温度特性の容量 C を直列接続するものとする。このときの周波数温度特性は、図5(a)~(c)に示すような周波数温度特性となる。図1に示す第1の周波数温度補償回路 $Comp1$ のように、第1 MOS 容量素子 M_1 と第3 MOS 容量素子 M_3 とを直列接続した回路に、第2 MOS 容量素子 M_2 を並列接続して構成した回路を、圧電振動子 X_i の負荷容量とした場合の周波数温度特性は、図5(d)に示すような特性となる。つまり、低温では第1 MOS 容量素子 M_1 の呈する温度特性が主であり、常温近傍の温度では第3 MOS 容量素子 M_3 の温度特性が主となり、高温では第2 MOS 容量素子 M_2 の温度特性が主となって、図5(d)に示すような周波数温度特性となる。この特性は、図22(b)に示した通常のATカット水晶振動子の周波数温度特性の逆特性に相当する。従って、圧電振動子 X_i の代わりに周波数温度特性が図22(b)に示すようなATカット水晶振動子を用いれば、温度による周波数変化が補償され、広温度範囲で平坦の温度補償水晶発振器が得られる。

【0020】

以上の説明は、図1の周波数温度補償回路 $Comp1$ の温度特性を定性的に説明をしたが、実際の設計では、図2に示すMOS 容量素子の電圧差 V_d -容量 C 曲線、図3に示す基準電圧 V_{ref} 、第1制御電圧 V_L 及び第2制御電圧 V_H と、温度 T との関係を数式で表し、シミュレータを用いて温度補償圧電発振器の周波数温度特性が所望の偏差内に収斂するまで繰り返し求める。この場合、トランジスタ $Tr1$ の温度特性等も考慮される。

本発明の特徴は、電圧生成回路から供給される、温度に対して直線的に変化する2つの電圧、即ち第1制御電圧 V_L 、第2制御電圧 V_H を用い、MOS 容量素子の特定領域の容量変化を利用して、低温、常温、高温の3つ領域の周波数温度補償を行うところにある。従って、広い温度範囲で良好な補償が可能であり、且つ補償回路は簡素となるのでIC化が容易であるという利点がある。

【0021】

図6は、第2の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子 X_{tal} と、第2の周波数温度補償回路 $Comp2$ と、容量 C_3 と、を直列接続して温度補償圧電発振器を構成する。発振回路OSC、圧電振動子 X_{tal} 、容量 C_3 は、図1に示した第1の実施例の温度補償圧電発振器と同様であるので、以下、周波数温度補償回路を中心に説明する。第2の周波数温度補償回路 $Comp2$ は、第1 MOS 容量素子 M_1 と第1容量 C_4 とを直列接続した回路に第1 MOS 容量素子 M_1 と極性を逆にした第2 MOS 容量素子 M_2 を並列接続した回路と、第2 MOS 容量素子と同じ極性の第3 MOS 容量素子 M_3 と、を直列接続した回路である。そして、第1 MOS 容量素子 M_1 のゲートと前記第2 MOS 容量素子 M_2 のバックゲートとの接続点に、抵抗 R_4 を介して電圧値が一定である基準電圧 V_{ref} を供給する。更に、第1 MOS 容量素子 M_1

のバックゲートと第1容量C4との接続点に抵抗R5を介して第1制御電圧V_Lを供給すると共に、第3MOS容量素子M3のゲートに抵抗R8を介して第1制御電圧V_Lを供給する。第3MOS容量素子M3のバックゲートと第1容量C4と第2MOS容量素子M2のゲートとの接続点に、抵抗R7を介して第2制御電圧V_Hを供給する構成となっている。

【0022】

第2の実施例の周波数温度補償回路Comp2が、図1に示した第1の実施例と異なる点は、第3MOS容量素子M3を第1容量C4で置換し、並列回路から第3MOS容量素子M3を外に出し、直列接続とした構成である。第1MOS容量素子M1のゲートには基準電圧V_{ref}が、バックゲートには第1制御電圧V_Lが印加され、温度Tと容量Cとの関係は図4(a)の温度T-容量C特性と同様になる。第2MOS容量素子M2については図1と同様である。第3MOS容量素子M3のゲートには第1制御電圧V_Lが、バックゲートには第2制御電圧V_Hが印加され、温度Tと容量Cとの関係は図4(c)の温度T-容量C特性と同様になる。

【0023】

図7は、第3の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第3の周波数温度補償回路Comp3と、容量C3と、を直列接続して温度補償圧電発振器を構成する。第3の周波数温度補償回路Comp3は、第1MOS容量素子M1と第1容量C4とを直列接続した回路と、第2容量C5と第3MOS容量素子M3と直列接続した回路と、第1MOS容量素子と極性を逆にした第2MOS容量素子M2と、をそれぞれ並列接続した回路である。そして、第1MOS容量素子M1のゲートと第2容量C5と第2MOS容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧V_{ref}を供給する。第1MOS容量素子M1のバックゲートと第1容量C4との接続点に、抵抗R5を介して第1制御電圧V_Lを供給すると共に、第2容量C5と第3MOS容量素子M3のゲートとの接続点に、抵抗R9を介して第1制御電圧V_Lを供給する。さらに、第1容量C4と、第3MOS容量素子M3のバックゲートと、第2MOS容量素子M2のゲートと、の接続点に抵抗R7を介して第2制御電圧V_Hを供給する構成の温度補償回路である。

図7に示す第3の周波数温度補償回路Comp3は、第1及び第2MOS容量素子M1、M2の並列接続回路に、第2容量C5を直列接続した第3MOS容量素子M3を並列接続して構成した周波数温度補償回路である。第1及び第2MOS容量素子M1、M2を含む回路は図6と同じ回路構成である。第3MOS容量素子M3のゲートには第1制御電圧V_Lが、バックゲートには第2制御電圧V_Hが印加され、温度Tと容量Cとの関係は図4(c)の温度T-容量C特性と同様になる。

【0024】

図8は第4の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第4の周波数温度補償回路Comp4と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償発振器であり、第4の周波数温度補償回路Comp4は、図7に示した周波数温度補償回路Comp3の第3MOS容量素子M3に直列に第3容量C9を接続した回路である。

即ち、第4の周波数温度補償回路Comp4は、第1MOS容量素子M1と第1容量C4との直列接続回路と、第2容量C8と第3MOS容量素子M3と第3容量C9との直列接続回路と、第1MOS容量素子と極性を逆にした第2MOS容量素子M2と、をそれぞれ並列接続した回路である。そして、第1MOS容量素子M1のゲートと第2容量C8と第2MOS容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧V_{ref}を供給する。さらに、第1MOS容量素子M1のバックゲートと第1容量C4との接続点に、抵抗R5を介して第1制御電圧V_Lを供給すると共に、第2容量C8と第3MOS容量素子M3のゲートとの接続点に、抵抗R9を介して第1制御電圧V_Lを供給する。さらに、第3MOS容量素子M3のバックゲートと第3容量C9との接続点に、抵抗R13を介して第2制御電圧V_Hを供給し、第1容量C4と第3容量C9と

10

20

30

40

50

第2 MOS 容量素子M2のゲートとの接続点に、抵抗R7を介して第2の制御線圧VHを供給する構成の温度補償回路である。

【0025】

図9は、第5の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第5の周波数温度補償回路Comp5と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償発振器である。第5の周波数温度補償回路Comp5は、第1 MOS 容量素子M1と第1容量C6と第3 MOS 容量素子M3と第2容量C7とを直列接続した回路と、第1 MOS 容量素子と極性を逆にした第2 MOS 容量素子M2と、を並列接続した回路構成である。そして、第1 MOS 容量素子M1のゲートと第2 MOS 容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧Vrefを供給する。さらに、第1 MOS 容量素子M1のバックゲートと第1容量C6との接続点に抵抗R5を介して第1制御電圧VLを供給すると共に、第1容量C6と第3容量素子M3のゲートとの接続点に、利得調整可能な第1増幅器A1と抵抗R10を介して第1制御電圧VLを供給する。第3 MOS 容量素子M3のバックゲートと第2容量C7との接続点に、同じく利得調整可能な第2増幅器A2と抵抗R11とを介して第2制御電圧VHを供給し、第2容量C7と第2 MOS 容量素子M2のゲートとの接続点に、抵抗R12を介して第2制御電圧VHを供給する構成の温度補償回路である。

10

第5の周波数温度補償回路Comp5の特徴は、常温近傍の周波数温度特性を補償する第3容量素子M3のゲートとバックゲートに、それぞれ第1及び第2増幅器A1、A2を介して第1及び第2制御電圧VL、VHが供給されるので、バックゲート-ゲート間の電圧差Vdを微細に調整することが可能となり、周波数温度特性の補償の精度が向上するという効果がある。

20

【0026】

図10は第6の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第6の周波数温度補償回路Comp6と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償発振器である。第6の周波数温度補償回路Comp6は、第1 MOS 容量素子M1と第1容量C4との直列接続回路と、第2容量C8と第3 MOS 容量素子M3と第3容量C9との直列接続回路と、第1 MOS 容量素子M1と極性を逆にした第2 MOS 容量素子M2と、をそれぞれ並列接続した回路である。そして、第1 MOS 容量素子M1のゲートと第2容量C8と第2 MOS 容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧Vrefを供給する。第1 MOS 容量素子M1のバックゲートと第1容量C4との接続点に、抵抗R5を介して第1制御電圧VLを供給すると共に、第2容量C8と第3 MOS 容量素子M3のゲートとの接続点に、利得調整可能な第1増幅器A1と抵抗R10とを介して第1制御電圧VLを供給する。さらに、第3 MOS 容量素子M3のバックゲートと第3容量C9との接続点に、利得調整可能な第2増幅器A2と抵抗R11とを介して第2制御電圧VHを供給し、第1容量C4と第3容量C9と第2 MOS 容量素子M2のゲートとの接続点に、抵抗R7を介して第2制御電圧VHを供給する構成の温度補償回路である。

30

第6の実施例の周波数温度補償回路Comp6は、第5の実施例の周波数温度補償回路Comp5とほぼ同じであるが、第3 MOS 容量素子M3の両端に第1及び第2増幅器を介して、第1及び第2制御電圧VL、VHが印加されるように構成された点異なる。第1及び第2増幅器の利得を調整することにより第3 MOS 容量素子M3のバックゲート-ゲート間の電圧差Vdを微細に調整することが可能となり、常温近傍の周波数温度特性の補償精度が向上するという効果がある。

40

【0027】

図11は、第7の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であって、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第7の周波数温度補償回路Comp7と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償発振器である。第7の周波数温度補償回路Comp7は、第1 MOS 容量素子M1と第1容量C4とを直列接続した回路に第1 MOS 容量素子と極性を逆にした第2 MOS 容量素子M2を並列接続した回路と、第2容量C10と第2

50

MOS容量素子M2と同じ極性の第3MOS容量素子M3とを直列接続した回路と、を直列接続して構成した回路である。そして、第1MOS容量素子M1のゲートと第2MOS容量素子M2のバックゲートとの接続点に、抵抗R4を介して電圧値が一定である基準電圧Vrefを供給する。さらに、第1MOS容量素子M1のバックゲートと第1容量C4との接続点に、抵抗R5を介して第1制御電圧VLを供給すると共に、第1容量C4と第2MOS容量素子M2のゲートと第2容量C10との接続点に、抵抗R7を介して第2制御電圧VHを供給する。第2容量C10と第3MOS容量素子M3のバックゲートと接続点に、利得調整可能な第2増幅器A2と抵抗R11とを介して第2制御電圧VHを供給し、第3MOS容量素子M3のゲートに、利得調整可能な第1増幅器A1と抵抗R10とを介して第1制御電圧VLを供給する構成の温度補償回路である。

10

第7の実施例の周波数温度補償回路Comp7は、図6に示した周波数温度補償回路Comp2と基本的には同じであるが、第3MOS容量素子M3のバックゲートに第2容量C10が直列接続され、第3MOS容量素子M3のゲートとバックゲートとに、それぞれ第1及び第2増幅器A1、A2を介して第1及び第2制御電圧VL、VHが印加される点が異なる。そのため、常温近傍の周波数温度補償が微細に行えるので補償精度が向上するという利点がある。

【0028】

以上は、水晶振動子の周波数温度特性($df/f - Temp$)が、図22(b)に示すように温度の変化に対し、変曲点を挟んで極大値と極小値とを有する場合の周波数補償方法について説明した。周波数温度特性が図22(c)に示すように、温度の増加に対し、右肩上がりの特性を有する場合の周波数補償方法について、以下に説明する。

20

図12は、本発明に係る第8の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図である。温度補償圧電発振器は、発振回路OSCと、圧電振動子Xtalと、第8の周波数温度補償回路Comp'1と、容量C3と、を直列接続して構成した温度補償圧電発振器である。図1に示した第1の実施例の温度補償圧電発振器と異なる点は、第3MOS容量素子M3の極性を逆にしたところである。図12に示す第3MOS容量素子M3の両端に第1及び第2制御電圧VL、VHを印加した場合の温度T-容量C特性は、図4(c)に示す曲線を上下逆にした特性、つまり図13(a)に示すように、温度の増加に対し容量が増大する特性となる。これを図5に示すように、周波数温度特性(温度T-周波数 df/f)に変換すると、図13(b)に示すように温度Tの増加に対して右肩下がりの特性になる。既に説明したように、第3MOS容量素子M3は常温を中心とした中温部の補償に関与し、第1MOS容量素子M1、第2MOS容量素子M2は夫々低温部、高温部の補償を担う。第1MOS容量素子M1、第2MOS容量素子M2の作用については、図1で説明した通りである。従って、図12に示す周波数温度補償回路Comp'1を用いることにより、図22(c)に示すような温度増加に対し右肩上がりの水晶振動子の補償を行うことができる。

30

【0029】

図14は、本発明に係る第9の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図である。図6に示した第2の実施例の温度補償圧電発振器と異なる点は、第3MOS容量素子M3の極性を逆にしたところである。図14に示す周波数温度補償回路Comp'2を用いることにより、図22(c)に示すような温度の増加に対し右肩上がりの水晶振動子の補償を行うことができる。

40

同様に、図15～図19は、夫々第10～第14の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図である。図15～図19に示す温度補償圧電発振器の周波数温度補償回路Comp'3～Comp'7が、図7～図11に示す周波数温度補償回路Comp3～Comp7と異なる点は、夫々第3MOS容量素子M3の極性を逆にしたところである。第3MOS容量素子M3の極性を逆にするにより、図22(c)に示すような温度の増加に対し右肩上がりの水晶振動子の補償を行うことができる。

【0030】

図20は、本発明に係る第15の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図であ

50

る。図19に示した第14の実施例の温度補償圧電発振器と異なる点は、第1、第2制御電圧 V_L 、 V_H と、第1、第2増幅回路A1、A2との接点に夫々第1、第2スイッチSW1、SW2を挿入すると共に、該第1、第2スイッチSW1、SW2に夫々第1、第2基準電圧 V_{ref1} 、 V_{ref2} を接続したところである。第1、第2スイッチSW1、SW2の動作を説明すると、第1、第2スイッチSW1、SW2が、夫々第1、第2制御電圧 V_L 、 V_H の側に接続されると、第14の実施例の温度補償圧電発振器と同様に動作する。第1、第2スイッチSW1、SW2が、夫々第1、第2基準電圧 V_{ref1} 、 V_{ref2} に側に接続されると、第3MOS容量素子M3は固定容量として機能する。つまり、第3MOS容量素子M3が担っていた常温を中心とした中温部の温度補償の機能はなくなり、図22(a)に示すような、常温近傍で平坦な特性を有する水晶振動子の周波数を補償することになる。

10

また、第1、第2の増幅回路A1、A2の利得を調整することにより、図22(c)の右肩上がりの傾斜が急なものや、或いは傾斜が緩やかなものであっても、その傾斜の程度に応じて水晶振動子の周波数を補償することが可能になる。

【0031】

なお、図20において第3MOS容量素子M3の極性を逆にし、第1、第2の増幅回路A1、A2の利得を調整すれば、同様に図22(b)における常温近傍の傾斜の程度に応じて、水晶振動子の周波数を補償できることは言うまでもない。

図20に示すような温度補償圧電発振器を、水晶振動子を除いてIC化すると、1つのICで水晶振動子の周波数温度特性が、図22(a)、(b)、(c)に示すような、常温近傍で平坦な特性、変曲点を挟んで極大値と極小値とを有する特性、右肩上がりの特性を、有する何れの特性の水晶振動子であっても周波数補償が可能になるという効果がある。

20

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の第1の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図2】MOS容量素子の電圧差 V_d -容量C特性を示す図。

【図3】温度Tと基準電圧 V_{ref} 、第1及び第2制御電圧 V_L 、 V_H との関係を示す図。

。

【図4】(a)~(c)はそれぞれ温度Tと第1、第2及び第3MOS容量素子M1、M2、M3が呈する容量Cとの関係を示す図。

30

【図5】(a)~(c)は第1、第2及び第3MOS容量素子M1、M2、M3それぞれによる周波数温度特性を示す図、(d)は周波数温度補償回路Comp1の周波数温度特性を示す図。

【図6】第2の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図7】第3の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図8】第4の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図9】第5の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図10】第6の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図11】第7の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

40

【図12】第8の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図13】第3MOS容量素子M3の、(a)は温度T-容量C特性を示す図、(b)は温度T-周波数偏差 df/f 特性を示す図。

【図14】第9の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図15】第10の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図16】第11の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図17】第12の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図18】第13の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図19】第14の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

【図20】第15の実施例の温度補償圧電発振器の構成を示す回路図。

50

【図 2 1】従来の温度補償圧電振器の構成を示す回路図。

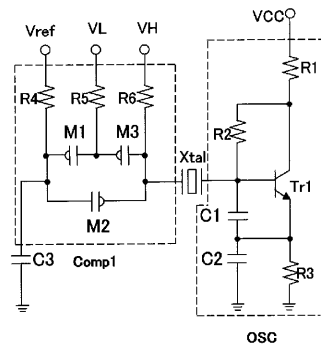
【図 2 2】A T カット水晶振動子の、(a) は常温近傍が平坦な周波数温度特性を示す図、(b) は変曲点を挟んで極大値と極小値とを有する周波数温度特性を示す図、(c) は右肩上がり型の周波数温度特性を示す図。

【 0 0 3 3 】

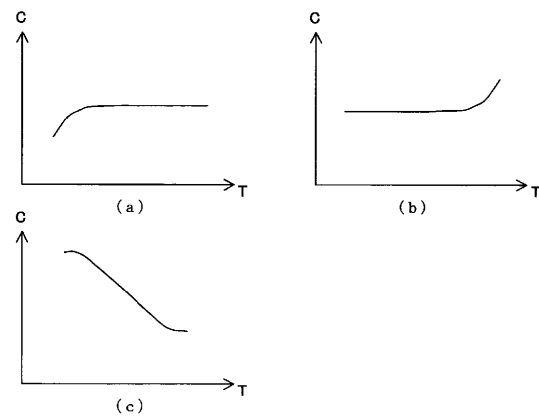
M 1、M 2、M 3 ... MOS 容量素子、R 1、R 2、R 3、R 4、R 5、R 6、R 7、R 8、R 9、R 1 0、R 1 1、R 1 2、R 1 3 ... 抵抗、C 1、C 2、C 3、C 4、C 5、C 6、C 7、C 8、C 9、C 1 0 ... 容量、T r 1 ... トランジスタ、X t a l ... 圧電振動子、V r e f ... 基準電圧、V r e f 1 ... 第 1 基準電圧、V r e f 2 ... 第 2 基準電圧、V L ... 第 1 制御電圧、V H ... 第 2 制御電圧、V c c ... 電源電圧、A 1、A 2 ... 増幅器

10

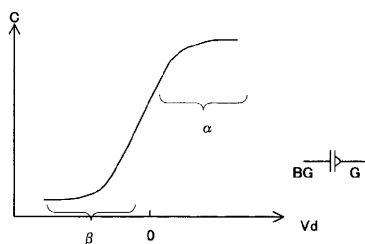
【図 1】



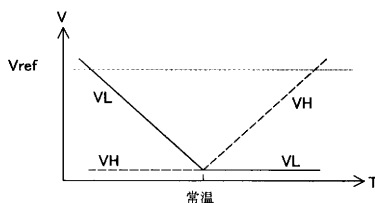
【図 4】



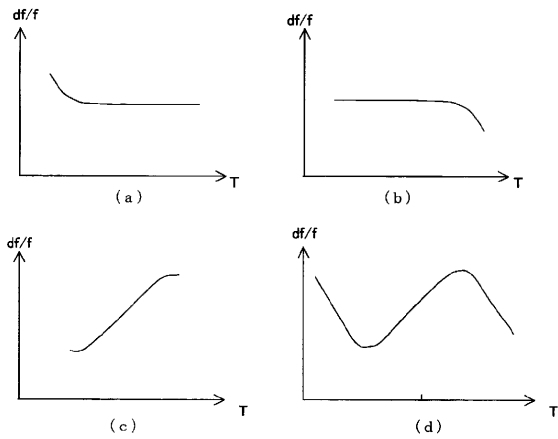
【図 2】



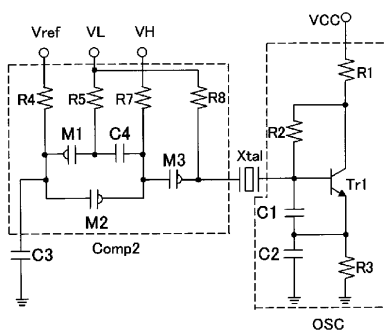
【図 3】



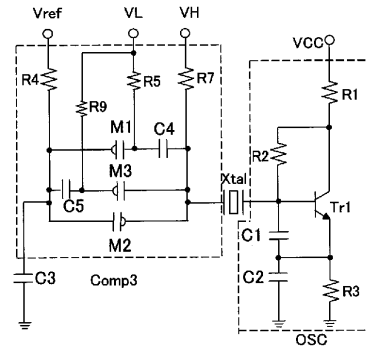
【図 5】



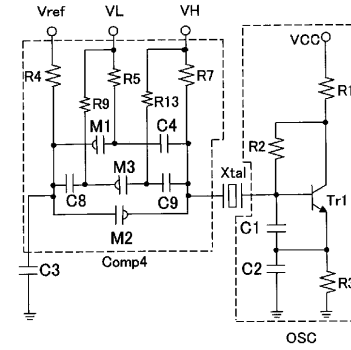
【図 6】



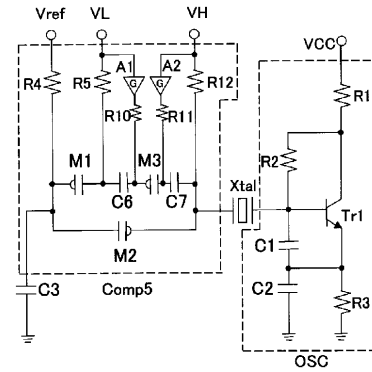
【図 7】



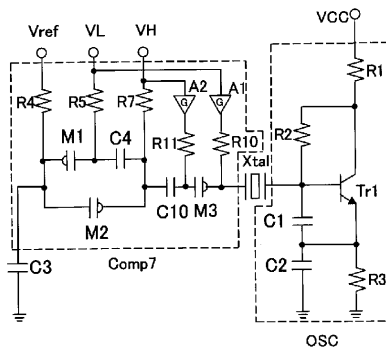
【図 8】



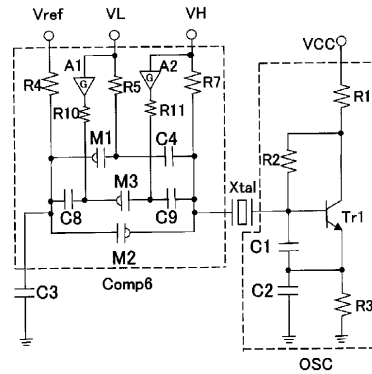
【図 9】



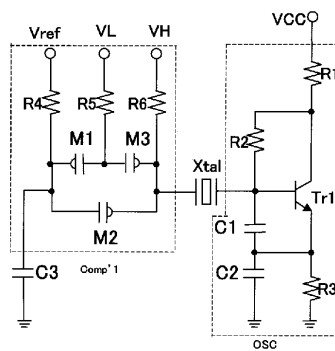
【図 11】



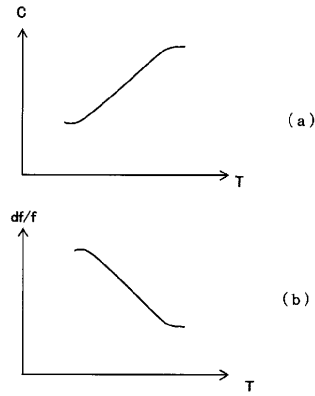
【図 10】



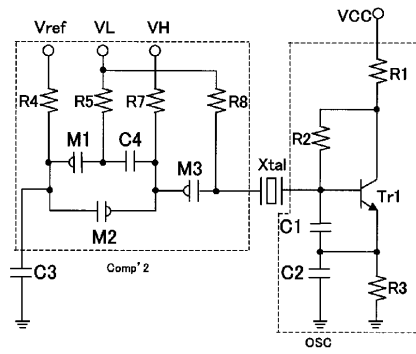
【図 12】



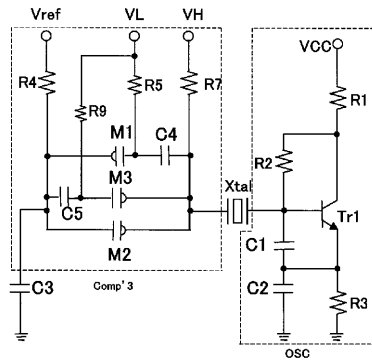
【図 13】



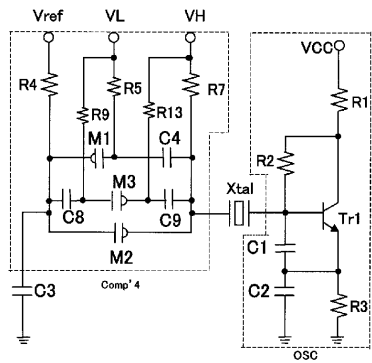
【図 14】



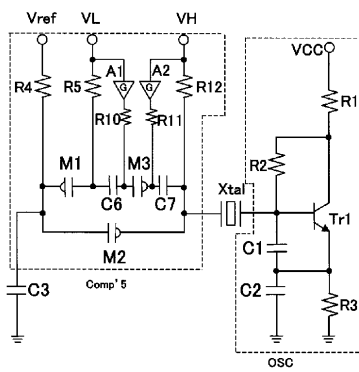
【図 15】



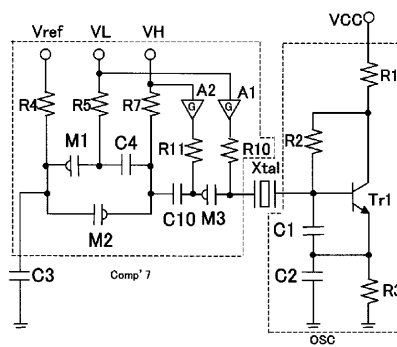
【図 16】



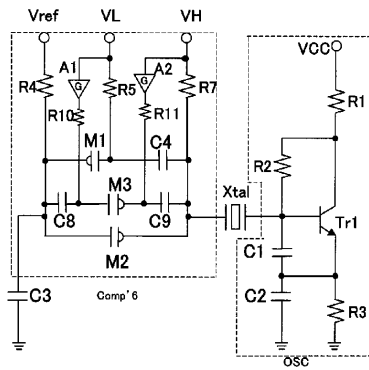
【図 17】



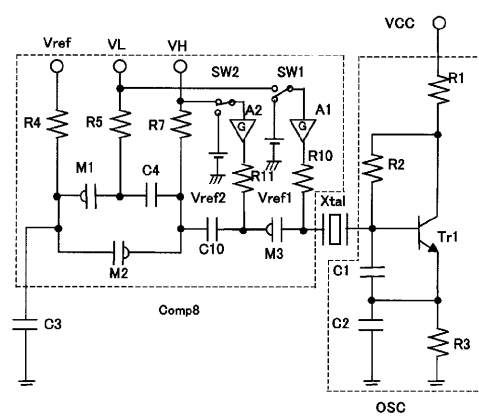
【図 19】



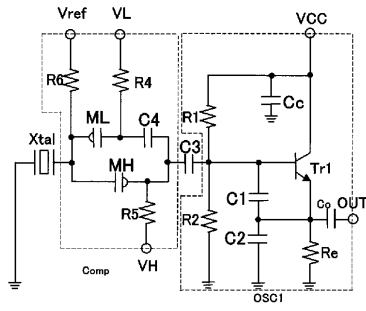
【図 18】



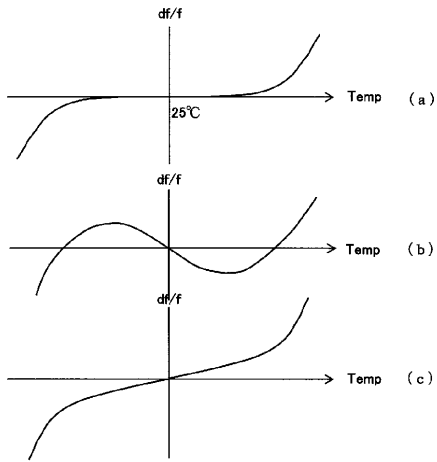
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-060828(JP,A)
特開2003-037438(JP,A)
特開2004-343733(JP,A)
実開昭61-095104(JP,U)
特開2005-236798(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03B 5/32